

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 39 34 716 A 1

51 Int. Cl.⁴:
H01Q 3/36
G 01 S 1/08

21 Aktenzeichen: P 39 34 716.8
22 Anmeldetag: 18. 10. 89
43 Offenlegungstag: 25. 4. 91

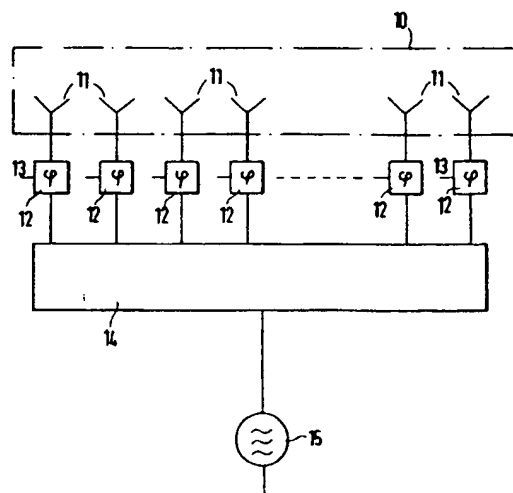
DE 39 34 716 A 1

71 Anmelder:
Standard Elektrik Lorenz AG, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Greving, Gerhard, Dr.-Ing., 7101 Untergruppenbach,
DE; Köizer, Peter, Dr.-Ing., 7015 Korntal, DE

54 Phasengesteuerte Gruppenantenne für ein Mikrowellen-Landesystem (MLS)

Herkömmliche phasengesteuerte Gruppenantennen für Mikrowellen-Landesysteme bestehen aus über 100 Einzelstrahlern, benutzen elektronisch steuerbare Phasenschieber mit einer Phasenquantisierung von 4 Bit und haben bei hohen Anforderungen eine Strahlbreite von 1,0°. Die hier beschriebene Gruppenantenne wird über elektronisch steuerbare Phasenschieber mit einer Quantisierung von 6 Bit angesteuert. Bei einer Strahlbreite von 1,65° und nur 64 Einzelstrahlern werden eine Nebelzipfeldämpfung und ein Multipath-Verhalten erreicht, daß den herkömmlichen Gruppenantennen entspricht. Außerdem wird die Ausrichtgenauigkeit erhöht.



DE 39 34 716 A 1

Die Erfindung betrifft eine phasengesteuerte Gruppenantenne, insbesondere eine Gruppenantenne für ein Mikrowellen-Landesystem.

Aus der DE-P 29 04 095 C2 ist ein Antennensystem mit einer phasengesteuerten Gruppenantenne und einem zugehörigen Koppelnetzwerk bekannt. Dieses Antennensystem besteht aus einer großen Zahl von Einzelstrahlern, von denen jeder über einen elektronisch steuerbaren Phasenschieber mit einem Koppelnetzwerk verbunden ist. Das Koppelnetzwerk dient dazu, die aus einer Hochfrequenz-Signalquelle stammende HF-Energie auf die einzelnen Strahler zu verteilen.

Für Mikrowellen-Landesysteme sind Antennen mit hoher Nebenzipfeldämpfung und gutem Multipath-Verhalten erforderlich. Gebräuchliche Anlagen arbeiten bei hohen Genauigkeitsanforderungen, wie sie sich für Azimutanten bei Landebahnen von 4,5 km Länge und für Elevationsantennen bei ansteigendem Gelände ergeben, mit einer Strahlbreite von 1,0° und verwenden Phasenschieber mit einer Phasenquantisierung von 4 Bit. Die für den Einsatz im zivilen Luftverkehr geforderten Eigenschaften "hohe Nebenzipfeldämpfung" und "gutes Multipath-Verhalten" sind bei dieser Strahlbreite nur durch Gruppenantennen mit etwa 120 Einzelstrahlern und aufwendigen Konvolver-Netzwerken in "Spatial-filter"-Technik zu erreichen. Aus diesem Grunde werden solche Gruppenantennen sehr teuer.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine phasengesteuerte Gruppenantenne mit einer kleineren Anzahl von Einzelstrahlern aufzubauen, die dennoch den Sicherheitsanforderung für den Luftverkehr entspricht.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine phasengesteuerte Gruppenantenne mit der Merkmalskombination des Hauptanspruches. Die Unteransprüche enthalten Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung.

Die phasengesteuerte Gruppenantenne gemäß der Erfindung hat den Vorteil, durch den Einsatz von Phasenschiebern mit einer Phasenquantisierung von 6 Bit die geforderte hohe Nebenzipfeldämpfung und das gute Multipath-Verhalten zu erreichen. Darüberhinaus wird durch die höhere Phasenquantisierung die Ausrichtgenauigkeit der Antennenkeule erhöht. Dies hat zur Folge, daß bezüglich des Fehlerverhaltens eines MLS-Systems beispielsweise eine 1°/4 Bit-Antennenanlage einer 2°/6 Bit-Antennenanlage äquivalent ist. Damit besteht prinzipiell die Möglichkeit, die Zahl der für die Antennenanlage erforderlichen Einzelstrahler zu reduzieren.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der einzigen Figur beschrieben und erläutert.

Die einzige Figur zeigt

— ein Prinzipschaltbild der phasengesteuerten Gruppenantenne.

Mit 10 ist eine Gruppenantenne bezeichnet, die aus einer großen Zahl von Einzelstrahlern 11 besteht. Jeder Einzelstrahler 11 ist über einen mit 12 bezeichneten Phasenschieber mit einem Koppelnetzwerk 14 verbunden. Die aus einer Hochfrequenz-Signalquelle 15 stammende Hochfrequenz-Energie wird mit Hilfe des Koppelnetzwerk 14 auf die Einzelstrahler 11 der Gruppenantenne 10 verteilt.

Die phasengesteuerte Gruppenantenne arbeitet wie folgt: Ihre Hauptkeule kann um einen bestimmten Winkel geschwenkt werden, in dem die Einzelstrahler um linear progressive Phasenzuwächse in der Form gespeist werden, daß sich zwischen zwei benachbarten

Strahlern eine Phasendifferenz bestimmter Größe einstellt. In der Regel werden für diese Zwecke digitale Phasenschieber eingesetzt, mit denen die Phase nicht kontinuierlich, sondern in quantisierten Stufen eingestellt wird. Dies führt dazu, daß zumeist der eigentlich gewünschte Phasenwert nicht exakt eingestellt werden kann, sondern nur der ihm am nächsten liegende Wert im Quantisierungsraaster. Bei jeder Phaseneinstellung wird also ein Fehler gemacht, der um so größer ist, je geringer der Quantisierungsgrad des Phasenschiebers ist. Ein 4-Bit-Phasenschieber läßt sich nur in Stufen von 22,5° schalten, während ein 6-Bit-Phasenschieber eine Auflösung von 5,625° erlaubt. Der durch die digitalen Phasenschieber hervorgerufene Quantisierungsfehler hat natürlich einen entscheidenden Einfluß auf das Antennendiagramm und das Schwenkverhalten der Gruppenantenne. So sinkt beispielsweise mit zunehmender Phasenquantisierung der Level der unerwünschten, aber nicht vermeidbaren Nebenkeulen im Antennendiagramm. Umgekehrt nehmen Nebenkeulen mit abnehmender Phasenquantisierung zu. Mathematisch läßt sich der quadratische Mittelwert (RMS) des Nebenkeulenlevels (Side-Lobe-Level, SLL) als Funktion der Phasenquantisierung ausdrücken mit:

$$SLL_{RMS} = \frac{5}{2^P \times N}$$

Dabei ist P die Anzahl der Bit, N die Anzahl der Einzelstrahler. Der Einsatz höher auflösender Phasenschieber führt jedoch nicht nur zu einer Abschwächung der von der Antenne erzeugten Nebenkeulen, sondern auch zu einer Verbesserung der Ausrichtgenauigkeit der Hauptkeule. Vergleicht man beispielsweise eine 1°/4 Bit — mit einer 2°/6 Bit-Version, so ergibt sich für die letztere theoretisch eine Verbesserung in der Ausrichtgenauigkeit um den Faktor 2.

Fehler, die durch Multipath-Störungen hervorgerufen werden, sind proportional zum Side-Lobe-Level, d. h. der in den Nebenkeulen steckenden Energie, proportional zum Reflexionsfaktor des Störers und proportional zur Strahlbreite der Antenne. Zur Erreichung der für Mikrowellen-Landesysteme geforderten Grenzwerte für diese Fehler müssen die Werte für die Nebenkeulenlevel und die Hauptkeulenbreite entsprechend gewählt werden. Wird beispielsweise auf Grund einer geringen Phasenquantisierung von 4 Bit ein höherer Nebenkeulenlevel zugelassen, muß die Hauptkeulenbreite entsprechend klein gewählt werden, beispielsweise 1°. Das gleiche Ergebnis kann jedoch auch dadurch erreicht werden, daß durch höhere Phasenauflösung der Phasenschieber niedrigere Nebenkeulenlevel erreicht werden, so daß eine breitere Hauptkeule benutzt werden kann. Genau das ist Gegenstand der hier beschriebenen Erfindung. Durch den Einsatz von hochauflösenden Phasenschiebern (6 Bit) kann ein entsprechend geringer Nebenkeulenlevel erreicht werden. Die Strahlbreite der Hauptkeule kann dann auf 2° festgelegt werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt, daß dies zu einer Gruppenantenne führt, die mit einer erheblich geringeren Anzahl von Einzelstrahlern auskommt.

Tabelle

| Strahlbreite | Anzahl der Strahler | |
|-------------------|---------------------|----|
| Azimutantenne | | 5 |
| 1,0° | 104 | |
| 1,65° | 64 | |
| 2,0° | 52 | |
| Elevationsantenne | | 10 |
| 1,0° | 96 | |
| 1,3° | 64 | |

Ein weiterer Vorteil der Verwendung von Phasenschiebern mit einer Quantisierung von 6 Bit liegt darin, daß die Ausrichtgenauigkeit der Antennenkeule wesentlich verbessert wird. Den Zusammenhang zwischen Ausrichtgenauigkeit — auch beam-pointing-error genannt —, Quantisierung der Phasenschieber und Zahl der Einzelstrahler der Antenne verdeutlicht die folgende Formel:

$$\frac{\Delta\Theta}{\Theta_B} = \frac{9}{2^P \cdot N}$$

Darin sind:

$\Delta\Theta$ = Schwankung der Antennenkeule,

Θ_B = Breite der Antennenkeule,

P = Quantisierung der Phasenschieber in Bit,

N = Zahl der Einzelstrahler der Antennenanlage.

Man erkennt, daß die Quantisierung exponentiell in die auf die Strahlbreite bezogene Ausrichtgenauigkeit eingeht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Verwendung von 6 Bit-Phasenschiebern in phasengesteuerten MSL-Gruppenantennen den Bau kleinerer Antennen (weniger Einzelstrahler) mit breiteren Hauptkeulen ermöglicht. Diese Antennen stehen jedoch hinsichtlich der MLS-Genauigkeit (Multipath-Verhalten, Nebenzipfeldämpfung) in nichts den Antennen mit schmaleren Hauptkeulen (1°) nach, sind sogar hinsichtlich der Ausrichtgenauigkeit besser.

Patentansprüche

1. Phasengesteuerte Gruppenantenne mit einer Vielzahl von Einzelstrahlern, die über elektronisch steuerbare Phasenschieber mit einer gemeinsamen Hochfrequenz-Signalquelle verbunden sind, gekennzeichnet durch Phasenschieber mit einer Phasenquantisierung von 6 Bit.
2. Phasengesteuerte Gruppenantenne nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ihre Verwendung in einem Mikrowellen-Landesystem (MLS).
3. Phasengesteuerte Gruppenantenne nach den Ansprüchen 1 und 2, gekennzeichnet durch eine Strahlbreite von 1,3° für Elevationsantennen und 1,65° für Azimutantennen.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

